

金刚石钻头钴基胎体材料冲蚀磨损的量化研究

谢北萍¹, 段隆臣², 孟大维¹

(1. 中国地质大学(武汉)材料科学与化学工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 金刚石钻头的工作寿命和性能很大程度上取决于胎体材料的性能, 国内外对胎体材料的研究主要集中在机械冲刷和井底流场的研究, 没有考虑携带岩屑的钻井液对钻头胎体材料的电化学腐蚀以及机械冲刷和电化学腐蚀的相互作用。介绍了胎体材料冲蚀磨损的工作原理, 根据试验条件与要求, 采用摩擦学和电化学腐蚀原理, 设计了模拟现场的冲蚀磨损试验台, 对钴基胎体材料进行冲蚀磨损试验并进行了量化。结果表明, 胎体材料冲蚀腐蚀是由纯机械冲刷、电化学腐蚀以及它们共同作用引起。因此, 在腐蚀性环境中设计胎体材料, 要考虑其抗腐蚀性。

关键词: 钴基胎体材料; 冲蚀磨损; 工作原理; 量化

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)12-0067-03

Research on Quantification of Erosion-corrosion of Co-based Matrix Material for Diamond Bits/XIE Bei-ping¹, DUAN Long-chen², MENG Da-wei¹ (1. Faculty of Material Science & Chemistry Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: The service life and performance of diamond bits, to a great extent, are determined by the properties of matrix. The research on matrix materials is mainly concentrated in mechanical erosion and downhole flow field at home and abroad without consideration on electrochemical corrosion and synergy of mechanical erosion and electrochemical corrosion to the matrix material. In this paper, according to the experimental demands and conditions, a slurry erosion test platform is designed by the principle of tribology and electrochemical corrosion, and Co-based matrix is chosen as the experimental sample. The results show that erosion-corrosion of matrix material is caused by pure mechanical erosion, electrochemical corrosion and their synergy as well. So corrosion should be taken into consideration for design of matrix material in corrosive condition.

Key words: co-based matrix material; erosion-corrosion; principle; quantification

0 引言

冲蚀磨损是多相流动介质冲击材料表面造成的一类磨损现象。这种介质可以是高速气流, 也可以是液流。前者为喷砂型, 后者为泥浆型。从基本过程来看, 两种冲蚀的单元作用机理是相似的: 当粒子撞击靶面时, 运动轨迹遵循液体力学规律, 可能出现绕流现象, 同时, 伴有能量转换和材料流出^[1]。

在工业领域中, 冲蚀磨损对泵、管道、推动器、螺旋片、换热器管等造成了极大的破坏, 尤其是在石油、地质和矿山钻探中, 最新的研究表明, 冲蚀磨损被列为最重要 5 大破坏之一, 成为一个不可忽略的重要因素^[2]。因此, 冲蚀磨损引起了越来越多的重视, 国内外对此进行了大量的相关研究。

冲蚀磨损在液固介质中主要包括 2 大机理: 电化学腐蚀和机械冲刷。但是由于材料总的损失量远

远大于 2 种机理分别作用时的损失量, 所以在大量的研究过程中, 需要对 2 种机理共同作用时的情况进行考虑。国内外在非钻探领域中冲蚀磨损主要集中在对碳钢、合金钢、铸钢、涂层、陶瓷材料方面的研究, 且侧重于纯机械磨损^[3]。在钻探领域中, 综合采用摩擦学和电化学腐蚀方法对金刚石钻头胎体材料的冲蚀磨损量化研究尚未见报道。

1 冲蚀磨损的工作原理

金刚石钻头胎体材料在钻井液中总的质量损失量(TML)包括 3 个部分: 纯机械冲刷所产生的损失量(E), 电化学腐蚀所产生的损失量(C)和它们共同作用产生的损失量(S)^[4]。公式(1)表示了它们之间的关系:

$$TML = E + C + S \quad (1)$$

收稿日期: 2008-07-30

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金资助项目(编号: 2007052006)

作者简介: 谢北萍(1981-), 男(汉族), 湖南邵阳人, 中国地质大学(武汉)硕士研究生在读, 材料科学与工程专业, 研究方向为超硬材料及其金刚石制品, 湖北省武汉市鲁磨路中国地质大学(武汉)研究生院 1200620 班, 32281425@qq.com。

试验采用了2个同样规格的试样,一个试样没有进行阴极保护,另一个试样进行了保护。未经保护的试样冲蚀前后产生的质量差为试样总的质量损失量(TML),其失重可以通过灵敏度为 ± 0.1 mg的分析天平进行测量。另一个试验采用了外加电流法对其进行了阴极保护,测量的为纯机械冲刷所产生的损失量(E)。

电化学腐蚀所产生的损失量(C),首先利用电化学工作站对腐蚀电流进行了测量,其采用原位三电极法(见图1)。三电极是由一个 $Ag/AgCl$ (银/氯化银)或 SCE (饱和甘汞电极)的参考电极,一个由试样构成的工作电极,一个与工作电极相对应的铂电极构成。通过电化学工作站测试,可以得到电极极化曲线(见图2),分别表示阳极极化曲线和阴极极化曲线,其中 AB 和 CD 为直线,即 $Tefle$ 直线,延长 AB 和 CD 交于 G 点,则 G 点所对应的电流即为腐蚀电流。

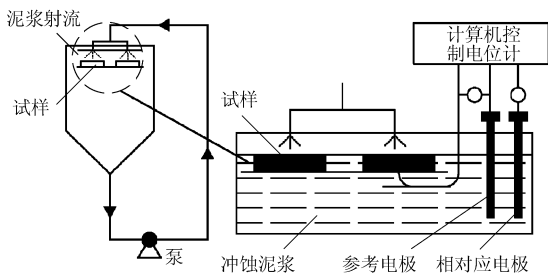


图1 冲蚀磨损试验台的工作原理^[4,5]

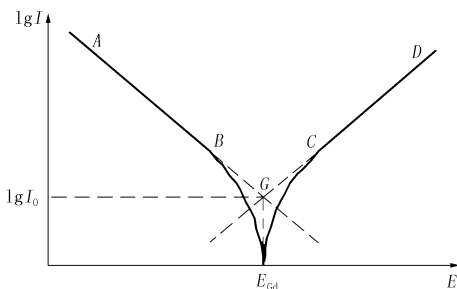


图2 电化学工作站测量的电极电位 $E - \lg I$ 示意图

根据 Stern - Geary 等式:

$$I = b_a | b | c / [2.3 (b_a + | b | c) R_p] \quad (2)$$

式中: b_a ——阳极 $Tefle$ 直线斜率; b_c ——阴极 $Tefle$ 直线斜率; R_p ——线性极化电阻。

可以求出该点的所对应的腐蚀电流 I ,然后利用法拉第定律公式(3)和公式(4)计算出电化学腐蚀所产生的损失量(C):

$$\Delta M = \varepsilon Q = \varepsilon It \quad (3)$$

式中: ΔM ——电化学腐蚀损失量,g; ε ——比例常数,即电化当量,g/C; Q —— t 时间内流过的电量,C;

I ——腐蚀电流,A; t ——腐蚀时间,s。

电化当量 ε 的数值就是通过1 C电量时在电极上析出或溶解物质的质量,可以从表中查出。

$$\varepsilon = M / (nF) \quad (4)$$

式中: F ——法拉第常数(1 F = 96500 C = 26.8 Ah); M ——原子量; n ——化合价。

即析出或溶解1 mol任何物质所需要的电量都是1 F。最后利用公式(1)计算出它们相互作用产生的质量损失(S)。该冲蚀磨损试验总的设计采用了双喷嘴闭路循环系统,从而保证了对试样的连续冲蚀,其试验装置见图1。在泵启动后,含有固相颗粒砂的泥浆经砂浆泵,按图示箭头方向循环,从2个喷嘴喷出,作用在被测试样的表面。

2 钴基胎体材料的冲蚀量化研究

本次冲蚀磨损试验采用面积为 2.84 cm^2 、钴基钨铬合金圆形试样。其组成成分为:24.8% Cr, 49.4% Co, 7.7% W, 3.7% Fe, 11.3% Ni。含砂为500 mg/L、盐度为3.5% NaCl的冲蚀液,以17 m/s冲蚀速度,在室温下以 90° 角度连续冲击试样4 h。经过6次测量后,总的损失量(TML)平均值为4.24 mg。其中3次是在阴极保护下测得,纯机械冲刷所产生的损失量(E)平均值为2.3 mg。利用 $Tefle$ 外推法从阳极极化曲线中可以得到腐蚀电流密度 $10.5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$,在该试验过程中,钴被看作是胎体材料中的主要腐蚀成分,其中阳极反应中电子数为2,原子量为58.93 g/mol,腐蚀电流密度为 $10.5 \times 10^{-6} \text{ A}/\text{cm}^2$,在面积 2.84 cm^2 的试样中腐蚀电流总和为 $3 \times 10^{-5} \text{ A}$ 。利用法拉第定律(见公式3和公式4),测量出试样由电化学腐蚀所产生的损失量(C):

$$\Delta M = \frac{MI}{nF} = \frac{58.93 \times 3.0 \times 10^{-6} \times 3600}{2 \times 96500} = 0.13 \text{ mg}$$

一旦计算出电化学腐蚀所产生的损失量,利用总的的质量损失量和其他数据可以计算出 S 量。室温下,3.5% NaCl、含砂500 mg/L的冲蚀液4 h后试样各损失量: TML 为4.24 mg, E 为2.3 mg, C 为0.13 mg, S 为1.81 mg。

其各作用下的损失量在总的的质量损失量(TML)中所占的比例如图3所示。

通过以上试验,模拟了钴基胎体材料在实际钻探中的冲蚀腐蚀。将其在纯机械冲刷、电化学腐蚀及其共同作用下所产生的损失量进行了量化,并计算出各损失量在总的的质量损失量中所占的比例。为金刚石钻头胎体材料的设计提供了重要指导。

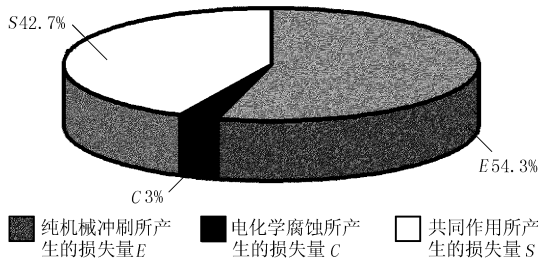


图 3 E、C 和 S 在总的损失量中所占比例

3 结论

(1) 该冲蚀磨损试验可用于钻头胎体材料冲蚀磨损的分析和研究,增加对钻头胎体材料磨损过程的理解,主要集中在严峻的工作环境条件下,胎体材料在纯机械冲刷,电化学腐蚀作用及其两种机制共同作用下的性能。

(2) 对比钴基胎体材料在有阴极保护和没有阴极保护的冲蚀磨损量,可知冲蚀磨损量不完全由纯机械冲刷作用产生,而是由 3 部分构成,即纯机械冲刷所产生的损失量 (E)、电化学腐蚀所产生的损失量 (C) 和由他们的共同作用所产生的损失量 (S)。

(3) 通过对钴基胎体材料冲蚀磨损的量化研究,电化学腐蚀所产生的损失量以及与其相关作用所产生的损失量 (C + S) 为 45.7%,在总的质量损失

量 (TML) 中所占比例接近一半,因此电化学腐蚀对胎体材料具有不可忽略的影响。

(4) 该胎体材料的研究方法可在同一模拟的工况条件下对不同潜在的胎体替代材料或新型材料进行冲蚀,通过对比材料的冲蚀磨损特征和性能,从而对替代材料或新型材料进行有效的评估。

(5) 由于实际工况比较复杂,要完全通过室内试验进行模拟还需要进一步改进,使其更加接近于实际条件,这就要求在以后的冲蚀磨损试验过程中进行优化。

参考文献:

- [1] 马颖,任峻,李元东,等. 冲蚀磨损研究的进展[J]. 兰州理工大学学报,2005,(1):21-25.
- [2] H. Meng, X. Hu, A. Neville. A Systematic Erosion-corrosion Study of Two Stainless Steels in Marine Conditions Via Experimental Design [J]. Wear,2007,(263):355-362.
- [3] 江新洪,段隆臣,刘志义. 泥浆对钻头 WC 基胎体材料冲蚀磨损的试验研究[J]. 煤田地质与勘探,2007,(3):78-80.
- [4] Neville A, Reyesm, Hodgkiess T, et al. Mechanisms of Wear on a Cobalt-base Alloy in Liquid-solid Slurries [J]. Wear, 2000,(238):138-150.
- [5] Eyesm, Neville A. Degradation Mechanisms of Co-based Alloy and WC Metal Matrix Composites for Drilling Tools Offshore [J]. Wear, 2003,(255):1143-1156.

山东省地矿局再创钻探孔深新纪录

本刊讯 近日,山东省地矿局第三地质勘查院在承担辽宁本溪某矿区深孔钻探施工中,成功施工一深度达 2046.02 m 钻孔,创造了国产机具金刚石绳索取心钻探孔深最新纪录。

该孔是由山东省地矿局第三地质勘查院 312 机施工的 ZK005 孔,为铁矿钻探,岩石可钻性 8~12 级,设计钻孔倾角 80°。2008 年 5 月 1 日开孔,施工全部采用国产机具,包括 HXY-6 型立轴式钻机、BW-250 型泥浆泵、加强型 Ø89 mm、Ø71 mm 绳索取心钻杆及配套钻具等,采用无固相冲洗液。通过不断优化钻进技术参数,加强管理,精心施工,克服

了岩层坚硬、打滑及斜孔施工等困难,于 11 月 25 日终孔,孔深 2046.02 m,刷新了国产机具金刚石绳索取心钻探孔深最新纪录。

该院多年来一直重视钻探技术发展,特别是近年来进一步加大技术开发力度,充分发挥技术人员作用,致力于深部找矿钻探技术发展,力求在“超深、超斜、超难”有所突破。这是该院继 2006 年创造 S75 绳索取心 1804 m 和 2007 年创造 S95 绳索取心 1450.88 m 纪录以来再次创造的新纪录。

(孙丙伦、陈师逊 供稿)

山东省地矿局编制的《地热钻探工程技术规程》通过专家评审

本刊讯 由山东省地矿局地质工程设计与施工处主持编制的《地热钻探工程技术规程》日前通过专家评审。专家一致认为,该规程对地热井类型、钻井设备选择、钻井工艺、成井工艺、工程质量、安全文明施工及环境保护等作了具体规定和要求,涵盖了地热井钻探施工全过程,内容全面;《规程》融合了石油钻井和水文地质钻探技术,具有广泛的代表性,可操作性强,对全省乃至全国地热井钻探施工提供了规

范和指导;《规程》结合地热钻探工程特点,依据国家和行业现行规范、标准,紧密结合生产实际编制而成,是国内较系统、完整的地热钻探工程技术规程,填补了国内空白。

这是山东省地矿局继 2006 年编制《全液压力头式岩心钻机金刚石钻探工艺技术规范(试行)》(DK/T001-2006)之后又一局级钻探技术标准。

(张敏 供稿)